

2.6.11 Archimédův zákon II

Předpoklady: 020610

Pomůcky:

Př. 1: Náповěda k domácímu bádání. Na ulomené hlavičce sirky jsou malé bubliny. Síra má větší hustotu než voda, po čase pokus se sirkou přestane fungovat.

Př. 2: Která vlastnost látky rozhoduje o tom, zda bude předmět z ní vyrobený ve vodě plavat nebo klesne ke dnu? Sestav přehled.

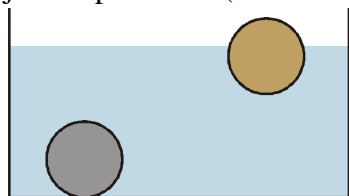
Rozhoduje hustota látky. Existují celkem tři možnosti:

- $\rho > \rho_v$: předmět klesne ke dnu,
- $\rho = \rho_v$: předmět se vznáší (je zcela ponořený a nestoupá ani neklesá),
- $\rho < \rho_v$: předmět plave (vystoupá k hladině a částečně se vynoří).

Př. 3: Do vody hodíme dvě stejně velké kuličky - dřevěnou a železnou. Co se s nimi stane? Na kterou bude po chvíli působit větší vztlaková síla?

Dřevěná kulička bude plavat, železná klesne ke dnu.

Větší vztlaková síla působí na železnou kuličku - je stejně velká jako dřevěná (podle zadání) a je celá ponořená (část dřevěné kuličky vyčnívá nad hladinu).



Pedagogická poznámka: V předchozím příkladu se prozradí žáci, kteří ve skutečnosti fyzikální pravidla pro rozhodování nepoužívají - automatická odpověď totiž je, že na dřevěnou působí větší vztlaková síla, protože plave. Jde o typickou ukázkou uvažování "na jeden krok" - spokojíme se s první alespoň trochu logicky znějící odpovědí.

Pedagogická poznámka: Následující příklady se dají řešit pomocí vzorce, ale to není v tomto okamžiku záměr. Naopak žáci by měli používat pravidlo, že voda nadlehčuje předmět tak, aby ho udržela, kdyby byl z vody.

Př. 4: V hloubce 2 m pod hladinou leží kámen o hmotnosti 9 kg a objemu 2 litry. Jakou silou ho nadlehčuje voda? Jakou silou ho musíme zvedat? Jakou silou ho bude voda nadlehčovat v hloubce 1 m pod hladinou?

Ponořený objem kamene 2 litry \Rightarrow na místě kamenu by mohly být 2 litry vody, které mají hmotnost 2 kg, gravitace je přitahuje silou $F_g = mg = 2 \cdot 10 \text{ N} = 20 \text{ N} \Rightarrow$ okolní voda

nadlehčuje kámen silou 20 N (touto silou by voda udržela vodu, která by byla na místě kamenu).

Na kámen působí:

- směrem dolů gravitační síla $F_g = mg = 9 \cdot 10 \text{ N} = 90 \text{ N}$,
- směrem nahoru vztlaková síla vody $F_{vz} = 20 \text{ N}$,

⇒ zvedat nahoru ho musíme silou $90 - 20 \text{ N} = 70 \text{ N}$.

V hloubce 1 m nadlehčuje voda kámen stejnou silou jako v hloubce 2 m (stejnou silou nadlehčuje voda kámen v libovolné hloubce, pokud je zcela ponořený).

Př. 5: Plechovka o objemu 0,7 litru plave na vodě a je ponořena z jedné sedminy. Jakou má hmotnost?

Plechovka plave ⇒ vztlaková síla je stejně velká jako gravitační síla ⇒ stačí určit velikost vztlakové síly.

Ponořena je sedmina objemu plechovky ⇒ ponořený objem 0,1 l ⇒ plechovka vytlačila 0,1 litru vody, která by měla hmotnost 0,1 kg a voda by ji nadlehčovala silou 1 N.

Na plechovku působí gravitační síla 1 N ⇒ plechovka má hmotnost 0,1 kg.

Př. 6: Jaký je přibližně objem Tvého těla?

Hustota lidského těla je přibližně stejně velká jako hustota vody (při nádechu člověk ve vodě plave, při výdechu klesá ke dnu) ⇒ 1 kg lidského těla má objem 1 l ⇒ objem lidského těla v litrech se číselně rovná hmotnosti člověka v kilogramech ⇒ například 83 kg těžký fyzikář má objem 83 litrů.

Př. 7: Najdi veličiny, na kterých závisí velikost vztlakové síly a sestav z nich vzorec pro její výpočet.

Vztlaková síla kapaliny se rovná gravitační síle, která by přitahovala kapalinu, která by vyplnila ponořený objem předmětu ⇒ vztlaková síla závisí na:

- ponořeném objemu V (větší ponořený objem znamená větší vztlakovou sílu),
- hustotě kapaliny ρ (větší hustota znamená větší vztlakovou sílu),
- gravitačním zrychlením g (větší gravitační zrychlení znamená větší vztlakovou sílu),

⇒ všechny veličiny mezi sebou násobíme: $F_{vz} = V \rho g$.

Velikost vztlakové síly v kapalině je dána vztahem $F_{vz} = V \rho g$.

Modře vyznačená část vzorce $F_{vz} = V \rho g$, představuje hmotnost vody, která by byla na místě plavoucího předmětu, celý vzorec pak gravitační sílu, která by na tuto vodu působila.

Př. 8: Jakou silou nadlehčuje zcela ponořenou PET láhev o objemu 1,5 litru:

- a) voda, b) líh, c) rtuť?

V šech případech stačí dosadit do vzorce pro velikost vztlakové síly, $V = 1,5 \text{ l} = 0,0015 \text{ m}^3$.

a) voda: $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

$$F_{vz} = V \rho g = 0,0015 \cdot 1000 \cdot 10 \text{ N} = 15 \text{ N}$$

b) lřh: $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

$$F_{vz} = V \rho g = 0,0015 \cdot 790 \cdot 10 \text{ N} = 12 \text{ N}$$

c) rtuř: $\rho = 13500 \text{ kg/m}^3$

$$F_{vz} = V \rho g = 0,0015 \cdot 13500 \cdot 10 \text{ N} = 200 \text{ N}$$

Př. 9: Do vody hodíme dřevěné polínko o hmotnosti 4,5 kg. Polínko plave. Jak velkou silou je nadlehčováno vodou? Jak velký je jeho ponořený objem?

Polínko o hmotnosti 4,5 kg přitahuje gravitační síla 45 N \Rightarrow pokud plave, musí na něj působit stejně velká vztlaková síla 45 N.

$$F_{vz} = V \rho g \quad / : \rho g$$

$$V = \frac{F_{vz}}{\rho g} = \frac{45}{1000 \cdot 10} \text{ m}^3 = 0,0045 \text{ m}^3 = 4,5 \text{ l}$$

Polínko je nadlehčováno silou 45 N a má ponořený objem 4,5 litru.

Př. 10: Cihla o rozměrech 29 x 14 x 6,5 cm váží 4,7 kg. Kolik bude „vážit“ zcela ponořená pod vodou?

Musíme určit velikost vztlakové síly působící na cihlu.

$$\text{Objem cihly: } V = abc = 29 \cdot 14 \cdot 6,5 \text{ cm}^3 = 2639 \text{ cm}^3 = 0,0026 \text{ m}^3$$

$F_{vz} = V \rho g = 0,0026 \cdot 1000 \cdot 10 \text{ N} = 26 \text{ N} \Rightarrow$ z hmotnosti cihly díky nadlehčování vodou ubude 2,6 kg \Rightarrow cihla bude pod vodou "vážit" 2,1 kg.

Př. 11: Urči sílu, kterou by mořská voda nadlehčovala zcela ponořený nafukovací míč o poloměru 17 cm.

Hustota mořské vody $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$.

Musíme určit objem míče (má tvar koule) \Rightarrow vzorec pro objem koule:

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \pi 0,17^3 \text{ m}^3 = 0,021 \text{ m}^3$$

$$F_{vz} = V \rho g = 0,021 \cdot 1025 \cdot 10 \text{ N} = 220 \text{ N}$$

Mořská voda by nafukovací míč nadlehčovala silou 220 N.

Domácí bádání: Navrhni pokus, kterým bys ověřil platnost vzorce pro vztlakovou sílu. Můžeš počítat se základním školním vybavením (siloměr, váha, akvárium, ...).

Žáci přinesou příště: vybavení pro ověření Archimédova zákona

Shrnutí: Velikost vztlakové síly se rovná tíze kapaliny tělesem vytlačené: $F_{vz} = V \rho g$.